

TEMA 29

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

1.INTRODUCCIÓN.

2.ESTRUCTURA BÁSICA DE LA MATERIA.

3.DISTRIBUCIÓN DE LOS ÁTOMOS EN LA MATERIA.

4.MATERIALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS.

5.CLASIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES.

- 5.1. Propiedades físicas.
 - 5.1.1. Masa peso específico y densidad.
 - 5.1.2. Conductividad calorífica.
 - 5.1.3. Calor específico.
 - 5.1.4. Dilatabilidad.
 - 5.1.5. Temperatura de fusión y calor latente.
 - 5.1.6. Conductividad eléctrica.
 - 5.1.7. Propiedades magnéticas.
 - 5.1.8. Propiedades ópticas.
 - 5.1.9. Propiedades de reflexión.
- 5.2. Propiedades químicas.
- 5.3. Propiedades tecnológicas.
- 5.4. Propiedades mecánicas.

6.ENSAYOS EN MATERIALES.

- 6.1. Ensayos destructivos.
 - 6.1.1. Ensayos de tracción.
 - 6.1.2. Ensayo de compresión.
 - 6.1.3. Ensayo de corte o cortadura.
 - 6.1.4. Ensayo de plegado.
 - 6.1.5. Ensayo de resiliencia por flexión.
 - 6.1.6. Ensayo de fatiga.
 - 6.1.7. Ensayo de dureza.
 - 6.1.8. Ensayo de embutición.
 - 6.1.9. Ensayo metalográfico.
 - 6.1.10. Ensayo químico.
 - 6.1.11. Ensayo espectrográfico.
 - 6.1.12. Otros ensayos.
- 6.2. Ensayos no destructivos.
 - 6.2.1. Métodos magnéticos.
 - 6.2.2. Métodos electrónicos.
 - 6.2.3. Métodos de penetración por tensión superficial.
 - 6.2.4. Métodos por rayos X.
 - 6.2.5. Métodos por rayos gamma.
 - 6.2.6. Métodos por ultrasonidos.

BIBLIOGRAFÍA

1.INTRODUCCIÓN.

A la hora de elegir un material en el diseño, fabricación o construcción de un objeto tecnológico, la preocupación esencial debe ser la de acomodar las características de aquél a las condiciones de trabajo de la pieza.

Debemos saber qué propiedades (físicas, químicas, tecnológicas o mecánicas) han de tomarse en cuenta, cómo determinarlas y qué límites y servidumbres deben imponerse a su aplicación.

El perfeccionamiento técnico alcanzado en estos últimos años exige materiales que resistan las duras condiciones de servicio que se les impone. Ello requiere un control riguroso y frecuente de los mismos, tanto para mantener la calidad como para introducir mejoras en los procesos de fabricación, lo que se traduce en una mayor seguridad y economía en la producción.

2.ESTRUCTURA BÁSICA DE LA MATERIA.

Las propiedades tecnológicas fundamentales de los materiales están directamente relacionadas con la estructura de cada uno de ellos. Para controlar las propiedades de los materiales y aprovecharlas inteligentemente en todas sus posibilidades, es primordial conocer prácticamente su estructura.

Todas las sustancias están constituidas por los mismos componentes fundamentales: protones, neutrones y electrones. Por ello, no deja de ser asombroso que exista una variedad tan enorme de ellas y que exhiban propiedades tan extensamente variables.

Existe, por tanto, una amplísima variedad de materiales metálicos y no metálicos, los cuales muestran una gama de propiedades casi ilimitada. Estas propiedades dependen de todos los niveles estructurales de cada material.

3.DISTRIBUCIÓN DE LOS ÁTOMOS EN LA MATERIA.

La distribución de los átomos en un material posee una influencia decisiva sobre sus propiedades. Según la manera en se agrupan sus átomos se dice que una sustancia tiene estructura molecular, cristalina o amorfa.

En las estructuras moleculares existe un número particular de átomos vinculados por enlaces primarios, pero que sólo mantienen enlaces relativamente débiles con grupos de átomos simples.

La estructura cristalina es la que adquieren los metales sólidos y la mayoría de los minerales. En este caso los átomos se disponen en un orden geométrico conocido como malla o red espacial.

En las estructuras amorfas, como la del vidrio, los átomos poseen un cierto grado de ordenación local, pero al observar en su totalidad, presentan una distribución de los átomos más desordenada que los sólidos cristalinos.

4.MATERIALES METÁLICOS Y NO METÁLICOS.

La clasificación más conocida es que la que los agrupa en metálicos y no metálicos.

Los **materiales metálicos** más comunes son metales como el hierro, cobre, aluminio, magnesio, níquel, titanio, plomo, estaño y cinc, y las aleaciones de éstos como son el acero, latón y el bronce. Todos ellos presentan las llamadas propiedades metálicas, es decir poseen brillo y una alta conductividad térmica y eléctrica, son relativamente dúctiles y algunos presentan buenas características magnéticas.

Los **no metales** más conocidos son la madera, el ladrillo, el hormigón, el vidrio, el caucho y los plásticos. Sus propiedades más conocidas varían ampliamente, pero generalmente tienden a ser menos dúctiles, resistentes y densos que los metales, carecen de conductividad eléctrica y su conductividad térmica es escasa.

5.CLASIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES.

5.1. Propiedades físicas.

Consideramos en este grupo las características de los materiales que afectan directa o indirectamente a la apreciación de nuestros sentidos o que definen el comportamiento del material ante fenómenos físicos tales como eléctricos, magnéticos y térmicos.

5.1.1. Masa, peso específico y densidad.

Tener masa es una propiedad de toda la materia. Esto se explica por la cantidad y tipo de partículas de que se compone el cuerpo. La masa se exterioriza por la resistencia del cuerpo a los cambios de su estado de movimiento. La masa es la misma en todas las partes del universo.

Peso.

Todo cuerpo es atraído por la masa de la Tierra con una fuerza F_g . Esta fuerza se mide en N (newton), la unidad de masa (el kilogramo) posee, debido a esa atracción, un peso de 9,81 N.

$$F_g = \text{masa} * g \text{ (medida en Newton), por lo tanto } g = 9,81 \text{ N/Kg.}$$

La aceleración de la gravedad y el peso dependen del lugar y disminuyen al aumentar la distancia a la Tierra.

Densidad.

Es la masa de 1 centímetro cúbico de una sustancia. El cociente entre la masa por el volumen de un cuerpo es su densidad.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} = \frac{g}{\text{cm}^3}$$

5.1.2. Conductividad calorífica.

Expresa la mayor o menor facilidad con que los cuerpos transmiten la energía calorífica a través de su propia materia.

Los metales presentan, en general, buena conductividad calorífica, a diferencia de los demás materiales, que suelen ser poco conductores del calor.

La cantidad de calor que atraviesa un cuerpo de espesor (l) depende:

- De la diferencia de temperatura entre el lado frío y caliente.
- De la superficie del cuerpo, cuanto mayor sea este mayor energía calorífica podrá transmitir.
- Del espesor a atravesar.
- De la naturaleza del cuerpo, este dependerá del coeficiente de conductividad.

5.1.3. Calor específico.

Se define como “la cantidad de calor necesario para elevar un grado centígrado la temperatura de un gramo de masa. Siendo diferente para las distintas sustancias”.

Este coeficiente y el de conductividad calorífica serán de aplicación en los procesos relativos a tratamientos térmicos, ya que para tratar un metal será preciso elevar su temperatura y descenderla, según un determinado programa en toda su masa o parte de ella, siendo preciso calcular la cantidad de calor requerida y el tiempo de calentamiento.

5.1.4. Dilatabilidad.

Se define como la propiedad que tienen los cuerpos de aumentar su volumen al elevar la temperatura.

En la práctica, más que el aumento o disminución de volumen con la temperatura, interesa tomar el aumento de longitud en una dirección determinada y este valor se valora con el coeficiente de dilatación lineal (μ), definido como el aumento que experimenta la unidad de longitud de un cuerpo al aumentar un grado su temperatura.

5.1.5. Temperatura de fusión y calor latente.

Cuando se eleva la temperatura de un metal de forma progresiva, al alcanzar ésta un determinado valor denominado temperatura o punto de fusión, se produce un cambio de estado pasando de sólido a líquido. La temperatura de fusión es una característica bien definida de los metales y aproximadamente coincide con la temperatura de solidificación en la que se produce el cambio de estado contrario, es decir de líquido a sólido.

- Calor latente de fusión: Es la cantidad de calor que absorbe un cuerpo para pasar, a temperatura constante, del estado sólido al líquido.

- Calor latente de solidificación: Es la cantidad de calor que desprende un cuerpo para pasar, a temperatura constante, del estado líquido al sólido.

5.1.6. Conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica es otra propiedad casi exclusiva de los metales y representa la facilidad con que un cuerpo deja de pasar la corriente eléctrica a través de su masa.

La corriente eléctrica se crea por el movimiento de los electrones en el seno de un cuerpo entre dos puntos con diferencial de potencial.

Así pues la conductividad eléctrica depende de la intensidad de los enlaces, que en los metales es esencialmente el resultado de los electrones “libres” responsables del enlace metálico..

Por el contrario hay materiales que no dejan pasar la corriente eléctrica, como consecuencia de su estructura interna, se llaman aislantes.

5.1.7. Propiedades magnéticas.

Son aquellas capacidades que tienen algunos materiales que les permite ser atraídos por las fuerzas magnéticas y adquirir magnetismo. Entre ellas destacamos el hierro (el más magnético), cobalto, níquel y acero.

El hecho de que, al circular una corriente eléctrica por un conductor cree un campo magnético, ha sido utilizado en diversos dispositivos eléctricos tales como motores, generadores, transformadores, electroimanes, etc. Cuyos núcleos y armaduras son de material ferromagnéticos aprovechando sus propiedades magnéticas.

5.1.8. Propiedades ópticas.

Las propiedades ópticas de un material tienen que ver con la forma en que reacciona a la luz. La propiedad óptica mas obvia es la transparencia. Un material transparente deja que los rayos de luz o atraviesen, lo cual a su vez nos permite ver imágenes a su través. Sin embargo, un material traslúcido deja pasar alguna luz, pero no la suficiente para ver a su través. Un material opaco no deja pasar la luz a su través.

5.1.9. Propiedades de reflexión.

La reflexión es el cambio de dirección que experimenta un rayo de luz al incidir sobre un material. Todos los materiales reflejan la luz, y esta reflexión de la luz es la que nos permite verlos.

El color es una consecuencia de la reflexión de la luz, la luz se comporta usualmente como una onda, en realidad es una corriente de minúsculos paquetes de energía o fotones que actúan como ondas y como partículas a la vez.

El color de un material también afecta su capacidad de absorber (introducir) e irradiar (emitir) calor. Una superficie oscura no sólo absorbe el calor antes que una superficie brillante, sino que también irradia calor más pronto.

5.2. Propiedades químicas.

En los procesos químicos se transforman sustancias y se obtienen otras con propiedades distintas, desde el punto de vista químico las propiedades más importantes son la oxidación y la corrosión.

Oxidación: Es el efecto destructor producido por el oxígeno en la superficie de un material, la oxidación es una reacción química donde el oxígeno se combina con una sustancia, en definitiva, pierde electrones.

Corrosión: El fenómeno de la corrosión se halla íntimamente ligado al de oxidación. Podemos definir tal fenómeno como la acción destructora que tiene su origen en las superficies metálicas a expensas del oxígeno del aire y en presencia de agentes electroquímicos.

Los principales factores que favorecen la corrosión son:

- La cantidad de vapor de agua y vapores salinos o ácidos contenidos en la atmósfera.
- El estado (rugosidad) de la superficie.
- La heterogeneidad que presenta el metal debidas a su constitución química y estructura.

La corrosión se presenta bajo distintas formas y depende de la calidad del material, así como de los factores que intervienen. Tipos de corrosión:

- Corrosión general: Cuando se produce de forma homogénea en la superficie metálica, dando origen a una reducción de dimensiones y pérdida de peso.

- Corrosión localizada: Cuando tiene su origen en pares galvánicos que forman regiones en las que se localiza el efecto destructor.

- Corrosión intergranular: Es la más peligrosa de todas y es debida a la existencia de zonas catódicas. Estas se forman por impurezas contenidas en los contornos de los granos o cristales, llegando incluso a la destrucción de los mismos sin que apenas se presente la apariencia externa de corrosión.

5.3. Propiedades tecnológicas.

Estas propiedades nos indican el comportamiento de cada material al trabajarlo. Destacamos las siguientes propiedades:

- Colabilidad: Se denominan colables los materiales que funden y pueden colarse en moldes a temperaturas rentables (fundición gris, etc.).

- Maleabilidad: Son maleables los materiales sólidos que, por la acción de fuerzas, admiten una variación plástica de la forma (embutición, plegado).

- Mecanizabilidad: Se dice que son mecanizables por corte o arranque de viruta aquellos materiales en los que, aplicando fuerzas tecnológicamente razonables, puede romperse la cohesión de las partículas (taladro, limado, torneado).

- Soldabilidad: Soldables son los materiales en los que, por unión de las sustancias respectivas pueden conseguirse una cohesión local.

- Templabilidad: Indica que la dureza del material puede modificarse por transposición de partículas (tratamiento térmico de los metales).

5.4. Propiedades mecánicas.

Las propiedades mecánicas de un material describen su comportamiento bajo la acción de fuerzas externas. A continuación establecemos una clasificación de esas propiedades atendiendo a la naturaleza del esfuerzo.

- Resistencia a la rotura. Tenacidad: Resistencia de un material es su oposición al cambio de forma y a la separación. Si las fuerzas exteriores son capaces de vencer a las fuerzas de cohesión, sobreviene la rotura. Dependiendo de la forma de actuar las fuerzas exteriores las fuerzas exteriores sobre las piezas:

- Compresión, resistencia que opone un sólido sometido a la acción de fuerzas que tienden a comprimirlo.

- Tracción, resistencia que opone un cuerpo sólido sometido a la acción de fuerzas que tiende a alargarle.

- Cortadura o cizalladura, resistencia que opone un sólido sometido a la acción de dos fuerzas que actúan perpendicularmente a su eje, en la misma sección y tienden a cortarla.

- Flexión, resistencia que opone un cuerpo sólido sometido a la acción de un par de fuerzas que actúa perpendicularmente a su eje y tiende a curvarlo.

- Torsión, Resistencia que opone un material sólido a la acción de un par de fuerzas cuyo plano es perpendicular a su eje y tiende a hacer girar cada sección transversal de la barra con respecto a las demás.

- Elasticidad y plasticidad: Es la capacidad que presentan determinados materiales de recobrar su forma original después de haber sido deformados y una vez que cesa la acción exterior que los deformó.

- Límite de elasticidad es aquel punto donde las fuerzas exteriores, comienzan a producir deformaciones permanentes en el material. Los cuerpos que no recuperan su forma inicial se llaman inelásticos o plásticos.

- Fragilidad: Es la falta de aptitud de un material para resistir esfuerzos instantáneos o de choque.

- Resilencia: Es la resistencia opuesta por un cuerpo a los choques o a los esfuerzos bruscos., la resiliencia es la característica mecánica contraria a la fragilidad, a mayor resiliencia, menor fragilidad.

- Dureza: Se define como la resistencia que opone un cuerpo a dejarse penetrar.

- Cohesión: Es la resistencia que oponen los átomos de los metales a separarse entre sí. Dependen de la forma cómo estén enlazados los átomos.

- Fatiga: Es la capacidad de resistencia a esfuerzos repetitivos, variables en magnitud y sentido.

6. ENSAYOS EN MATERIALES.

Mediante el ensayo de materiales, o bien se verifican determinadas propiedades de estos, tales como la resistencia, la tenacidad, la dureza, la consistencia en frío y en caliente, o bien se determina su composición química para deducir de ella puntos de referencia respecto a su pureza, resistencia a la corrosión y trabajabilidad.

Además, una misión importante del ensayo de materiales consiste en determinar la causa de una rotura o de una deformación no deseada de una pieza durante el funcionamiento..

Los métodos de ensayo se pueden clasificar:

- Destructivos, inutilizan el material y sirven para determinar las características mecánicas y tecnológicas.
- No destructivos, sirven para detectar defectos interiores, heterogeneidad y grietas.

6.1. Ensayos destructivos.

6.1.1. Ensayos de tracción.

Este ensayo permite determinar las propiedades a la tracción. Consiste en someter a unas probetas del material que queremos estudiar a un esfuerzo de tracción progresivamente creciente, hasta su rotura, conociendo así las características de la tenacidad y elasticidad del material.

Las probetas que están normalizadas pueden tener sección circular, cuadrada o rectangular, y constan de un cuerpo central y dos cabezas laterales cilíndricas, cónicas que las sujetan a las mordazas de la máquina de ensayo.

Diagrama esfuerzos-deformaciones: La curva de tracción presenta dos trazos característicos, el primero OA rectilíneo, representa el período de las deformaciones elásticas, y la ordenada correspondiente al punto A señala el límite elástico aparente (límite de fluencia). En la región OA es donde se cumple la ley de Hooke, proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones. El alargamiento elástico viene determinado por O_a .

La curva AEC corresponde al período de las deformaciones permanentes o plásticas. A partir de E el alargamiento aumenta, a pesar de disminuir la carga, y también aumenta la estricción hasta llegar a la rotura efectiva en C. El punto B corresponde a la carga máxima o de rotura dada por OR. Debe distinguirse de la carga última, correspondiente a C que produce la rotura efectiva.

6.1.2. Ensayo de compresión.

En este ensayo se somete a la pieza de ensayo a una carga de compresión lenta y progresivamente. Para calcular la resistencia a la compresión R_c se dividirá la fuerza F medida cuando se presente la primera grieta, por la sección transversal.

El diagrama de compresión es semejante al de tracción, los datos que proporciona este diagrama son similares a los de tracción y de signo contrario. En los materiales elásticos no existe una verdadera carga de rotura por compresión, ya que se aplastan sin romperse.

6.1.3. Ensayo de corte o cortadura.

Mediante el ensayo de cortadura se determina la resistencia al esfuerzo cortante de materiales. En el ensayo de cortadura se realiza un dispositivo de doble filo con el objeto de evitar las sollicitaciones a flexión. El diagrama de esfuerzos-deformaciones es similar al de tracción y compresión en el que existe una zona de proporcionalidad, un límite de fluencia, una zona de no elasticidad y el punto de rotura.

6.1.4. Ensayo de plegado.

Sirve para verificación de la facilidad de un material a temperatura ambiente. Generalmente se emplean barras planas de 30 a 50 mm de ancho o barras redondas. La probeta se curva de modo lento y uniforme alrededor de un mandril hasta que haya obtenido el ángulo prescrito. En la operación no deben presentarse en la parte exterior de la zona curvada ninguna clase de grietas.

6.1.5. Ensayo de resiliencia por flexión.

Se ensaya el comportamiento a la rotura que muestra un material al ser sometido a flexión por golpe en un punto entallado. No se trata por tanto de un ensayo estático, sino dinámico.

El ensayo se realiza en un dispositivo de péndulo que consiste en golpear con un martillo a modo de péndulo en el centro de una probeta apoyada en dos puntos. Después de la percusión el trabajo realizado se marca en un indicador.

Los ensayos de resiliencia por flexión se realizan desde el acero hasta el acero moldeado para determinar la tenacidad y deformabilidad, calcular el envejecimiento y controlar los procesos de tratamiento térmico. Los materiales tenaces exigen un elevado trabajo de resiliencia y los frágiles uno pequeño.

6.1.6. Ensayo de fatiga.

Las piezas de máquina que están de un modo permanente expuestas a cargas alternativas, presentan después de un prolongado uso, muestras de fatiga. Esto puede conducir a roturas por fatiga sin que se haya sobrepasado la tensión admisible, basada en los cálculos de resistencia. Un material es resistente a la fatiga cuando soporta un determinado número de esas variaciones de carga.

Las máquinas empleadas permiten los ensayos de, flexión plana, esfuerzos axiales, torsión y flexión rotativa

La curva de fatiga varía con la tensión media y el tipo de ensayo, sin embargo presenta una similitud básica. Normalmente tiene una asíntota paralela al eje de abscisas, y la ordenada de la misma corresponde precisamente con el límite de fatiga. Los ensayos de fatiga más habituales son los de flexión rotativa y torsión.

6.1.7. Ensayo de dureza.

Existen diversos procedimientos para medir esta resistencia y con ello determinar la dureza de un material.

Por lo general y según sea la dureza, el material, la toma y el tamaño de la pieza se mide la dureza según Brinell, Vickers, Rockwell según el procedimiento de rebote.

En los primeros se miden la dureza por la magnitud de la penetración de un cuerpo aplicado bajo una presión determinada y constante, mientras que en el procedimiento de rebote se mide la altura del rebote, se mide la altura del rebote elástico de un cuerpo duro que se deja caer desde cierta altura sobre el material.

- Ensayo Brinell.: Se aplica sobre la superficie plana de un metal y una bola de acero e diámetro D y bajo una presión P que penetra en el metal y, una vez retirada, deja una huella, cuyo diámetro, depende de la mayor o menor presión ejercida y de la resistencia a la penetración (dureza del material).

- Ensayo Vickers.: la diferencia con Brinell estriba en que aquí se sustituye la bolita de acero por una pirámide de diamante de base cuadrada y ángulo en el vértice de 136°, y su empleo es aconsejable cuando la dureza a controlar es superior a 500 HB.

- Ensayo Rockwell.: Los dos métodos anteriores Brinell y Vickers presentan el inconveniente de que la medida hay que hacerla con microscopio y se requiere personal con cierta preparación. En el método de Rockwell se mide la profundidad de la huella permanente producida al actuar una determinada carga sobre un penetrador de diamante de forma cónica con punta esférica (para materiales duros) o sobre un penetrador de forma esférica (para materiales blandos).

6.1.8. Ensayo de embutición.

Se emplea para conocer la aptitud de las planchas a deformarse por embutición, en España se emplea el método Erickson, y el grado de embutición corresponde a la flecha del casquete en mm. al aparecer la primera grieta.

6.1.9. Ensayo metalográfico.

En los ensayos metalográficos, se esmerila la probeta, se pulimenta y se somete a la acción mordiente de ácidos. Se observa entonces con lupa o al microscopio la parte tratada. En virtud del fuerte aumento de la imagen se hace visible la constitución de la estructura, así como las grietas y la dirección del laminado.

6.1.10. Ensayo químico.

La investigación química de un material (análisis químico) da una idea exacta sobre su composición, es decir, sobre la clase y cantidad de componentes de la aleación, no se puede realizar nada más que en el Laboratorio.

6.1.11. Ensayo espectrográfico.

Con el objeto de determinar la composición de los materiales, clase y cantidad de los componentes de la aleación utilizaremos el análisis espectrográfico, lo que se hace es provocar en el electroscopio un arco voltaico entre el electrodo y la probeta. Los rayos luminosos radiados con ellos se descomponen mediante un prisma de cristal en el aparato electrométrico. Basándose en el espectro podemos conocer la composición del metal.

6.1.12. Otros ensayos.

Además de los ya mencionados nos encontramos con el de fractura, doble plegado, doblado alternativo, etc.

6.2. Ensayos no destructivos.

El ensayo sin destrucción de la pieza sirve para la determinación de defectos en el material, (grietas, sopladuras). La pieza queda con ello exenta de deterioro. Destacamos los siguientes métodos:

6.2.1. Métodos magnéticos.

Basados en que, cuando en una pieza suficientemente imantada con un campo uniforme, aparecen grietas superficiales, rechupes o sopladuras, se producen en torno a ellas perturbaciones del campo magnético, que dependerá de la posición de la grieta y de la orientación de aquella con respecto al campo.

6.2.2. Métodos electrónicos.

Basados en las variaciones de resistencia que introducen en un metal conductor las impurezas. Consiste en establecer un campo eléctrico en el metal mediante dos contactos y explorando con dos palpadores móviles colocados entre los primeros. Cualquier variación que exista en el campo se mide con un microvoltímetro.

6.2.3. Métodos de penetración por tensión superficial.

Las piezas se sumergen en un líquido adecuado que penetra en los defectos superficiales (grietas, porosidades) posteriormente se elimina el líquido superficial y el que queda dentro de los defectos se detecta mediante alguno de los métodos como exudación de aceite, etc.

6.2.4. Métodos por rayos X.

La aplicación de los rayos X a la detección de defectos se basa en la absorción que experimenta al atravesar el material, por tanto una pieza de espesor uniforme en cuyo interior existan oquedades o heterogeneidades, irradia con un haz de rayos X, si colocamos una placa fotográfica a la salida de la radiación, se impresionará con más intensidad en la zona del defecto.

6.2.5. Métodos por rayos gamma.

Los rayos gamma son de la misma naturaleza que los rayos X, pero de longitud de onda mucho más pequeña. La pieza que se desea examinar se somete a la acción de radiación gamma, la cual, después de atravesarla, impresiona en una placa fotográfica.

6.2.6. Métodos por ultrasonidos.

Los ultrasonidos son vibraciones elásticas de la misma naturaleza que el sonido pero de frecuencia superior, el fundamento de este ensayo radica en el hecho de que una honda ultrasónica, propagándose en un material, se refleja cuando encuentra la más tenue fisura de aire u otro obstáculo.

BIBLIOGRAFÍA

Cevera Ruiz, M. Y Blanco Díaz, E.: Fundamentos de resistencia de materiales y cálculo de estructuras. 1999.
GARRIDO GARCÍA, J.A. y FOCES MEDIAVILLA. A.: Resistencia de materiales.
RAMIREZ GÓMEZ, F. Y otros: Ensayos no destructivos en el control de calidad de los materiales. 1999.

